

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 43 612 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 N 3/42  
G 01 N 33/483  
A 61 B 1/303  
G 01 D 5/12  
G 01 D 5/20

21 Aktenzeichen: P 43 43 612.9  
22 Anmeldetag: 16. 12. 93  
43 Offenlegungstag: 22. 6. 95

DE 43 43 612 A 1

71 Anmelder:  
Blücher, Uwe, Dipl.-Ing., 10713 Berlin, DE; Bestgen,  
René, Dipl.-Ing., 14057 Berlin, DE; Dudenhausen,  
Joachim Wolfram, Prof. Dr.med., 14195 Berlin, DE

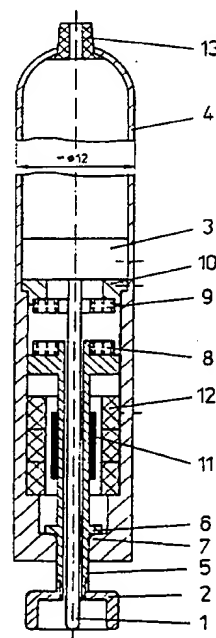
74 Vertreter:  
Maikowski, M., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Ninnemann, D.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 10707 Berlin

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Elastizität von Materialien

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Elastizität von Materialien, insbesondere der Elastizität der Zervix. Zur objektiven Bestimmung der Elastizität an schwer zugänglichen Orten dient erfindungsgemäß die relative Auslenkung infolge der elastischen Materialverformung mindestens zweier auf das zu untersuchende Material aufgesetzter Meßteile zueinander als Maß für die Elastizität. Vorzugsweise wird mindestens ein erstes Meßteil mit konstanter Kraft gegen das Material gedrückt und die dadurch neben dem ersten Meßteil verursachte Verformung des Materials wird durch mindestens ein zweites Meßteil gemessen, das durch eine der Verformung entgegenwirkende Kraft beaufschlagt ist, durch die das zweite Meßteil zu Beginn der Messung in einer Ausgangsposition gehalten wird.



DE 43 43 612 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 95 508 025/510

9/32

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Elastizität von Materialien, insbesondere der Elastizität der Zervix, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Aus der kunststoffverarbeitenden Industrie sind eine Reihe von Prüfmethode zur statischen und dynamischen Prüfung der mechanischen Eigenschaften von gummielastischen Stoffen bekannt. Diese Methoden und die zugehörigen Geräte sind aber nicht geeignet, Messungen an schwer zugänglichen Orten, wie z. B. an der Zervix, durchzuführen.

Die Elastizität der Zervix ist ein wichtiges Kriterium für die Wehenbereitschaft des Uterus, z. B. zur Erkennung einer drohenden Frühgeburt. Man unterscheidet grob drei Grade der Elastizität: rigide, mittel und weich.

Die Untersuchung der Zervix erfolgt zur Zeit noch manuell durch das Betasten der Zervix. Hierbei sind die Ergebnisse stark von der Erfahrung des untersuchenden Arztes abhängig. Die Befunde sind deshalb kaum vergleichbar und reproduzierbar.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine objektive statische Prüfung der Elastizität von Materialien auch an schwer zugänglichen Orten zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird das mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 erreicht.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die relative Auslenkung infolge der elastischen Materialverformung mindestens zweier auf das zu untersuchende Material aufgesetzter Meßteile zueinander als Maß für die Elastizität ermittelt.

Es ist zweckmäßig, daß mindestens ein erstes Meßteil mit konstanter Kraft gegen das Material gedrückt wird und daß die dadurch neben dem ersten Meßteil verursachte Verformung des Materials durch mindestens ein zweites Meßteil gemessen wird, das durch eine der Verformung entgegenwirkende Kraft beaufschlagt ist. Durch diese Kraft wird das zweite Meßteil zu Beginn der Messung in einer Ausgangsposition gehalten. In Meßstellung wird das zweite Meßteil infolge der Verformung des zu untersuchenden Materials aus der Ausgangsposition verschoben. Die auf das zweite Meßteil wirkende Kraft kann z. B. eine Magnetkraft sein.

Die Messung kann z. B. induktiv erfolgen. Dabei wird die axiale Verschiebung des zweiten Meßteils gegenüber dem ersten Meßteil durch Messung der Nullposition und der maximalen Auslenkung ermittelt.

Zur Erhöhung der Genauigkeit der Messung ist es zweckmäßig, mehrere Messungen an verschiedenen Stellen des gleichen Meßobjektes durchzuführen und aus den einzelnen Meßwerten einen Mittelwert zu bilden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das erste Meßteil in der Meß-Ausgangsposition mit einer Vorlast, die ungleich Null ist, auf das zu untersuchende Material aufgesetzt, bis eine vorgegebene axiale Verschiebung des zweiten Meßteiles erreicht ist. Damit lassen sich Fehler durch Nullpunktdriften des erforderlichen Kraftaufnehmers vermeiden. Während des Meßzyklus addieren sich zu der durch die Nullpunktdrift verursachten Ausgangsspannung die zur Vorlast und Maximallast proportionalen Spannungen. Da die Differenz zwischen Vorlast und Maximallast ein fest vorgegebener Wert ist, würden sich Nullpunktdriften nur auf die Meßgenauigkeit auswirken, wenn zwei-

schen der auf den Kraftaufnehmer einwirkenden Kraft und der Ausgangsspannung des Kraftaufnehmers kein linearer Zusammenhang mehr besteht.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens weist erfindungsgemäß einen Kraftfühler als erstes Meßteil und einen um diesen herum angeordneten Meßring als zweites Meßteil auf, wobei der Kraftfühler mit einem Kraftaufnehmer verbunden ist und der Meßring an einem in axialer Richtung beweglichen Stempel befestigt ist, dem ein Wegaufnehmer zugeordnet ist.

Am Oberteil des Stempels ist mindestens ein Magnet vorgesehen, dem am Gehäuse der Vorrichtung mindestens ein Magnet so zugeordnet sind, daß sich gleichartige Pole gegenüberliegen. Der Stempel kann einen axialen Anschlag aufweisen, dem ein axialer Anschlag am Gehäuse zugeordnet ist. Unter Einwirkung der Magnetkraft wird der Stempel axial gegen den Gehäuseanschlag gedrückt, wodurch die Nulllage des Stempels gewährleistet ist.

Als Wegaufnehmer ist zweckmäßig ein induktiver Wegaufnehmer vorgesehen, der so aufgebaut ist, daß der Stempel einen Weicheisenkern aufweist, dem am Gehäuse der Vorrichtung eine Spule eines Linear Variable Differential Transformers (LVDT) zugeordnet ist.

Die bei der Messung auftretende axiale Verschiebung des Stempels ist vom zu prüfenden Material und von der durch die Magneten erzeugten Gegenkraft abhängig. Bei Verwendung von Dauermagneten besteht zwischen Gegenkraft und Auslenkung ein nichtlinearer Zusammenhang. Die Gegenkraft wächst mit der Auslenkung nach einem  $1/a^2$  Gesetz, wobei  $a$  der Abstand der Dauermagnete ist.

Zur Vermeidung dieser Nichtlinearität ist es denkbar, einen Dauermagneten durch einen mit Gleichstrom erregten Elektromagneten zu ersetzen. Zur Erregung des Magneten kann ein Regelkreis vorgesehen sein, der aus dem LVDT, einer steuerbaren Stromquelle, dem Elektromagneten und einem Mikroprozessor besteht, der in Form einer Tabelle die Stromwerte enthält, die für die Konstanzhaltung der Gegenkraft erforderlich sind.

Die Erfindung soll in einem Ausführungsbeispiel anhand von Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 einen Längsschnitt durch die erfindungsgemäße Vorrichtung;

Fig. 2 die Ausgangsstellung der Meßteile;

Fig. 3 die Lage der Meßteile bei Andruck an das zu untersuchende Material;

Fig. 4 ein Blockschaltbild für die Durchführung des Verfahrens;

Fig. 5 ein Flußdiagramm, das einen bevorzugten Verfahrensablauf darstellt.

Die Meßvorrichtung weist ein erstes und ein zweites Meßteil auf. Es wäre aber auch denkbar mehrere erste bzw. zweite Meßteile vorzusehen. Als erstes Meßteil ist ein Kraftfühler 1 und als zweites Meßteil ein Meßring 2 vorgesehen. Der Kraftfühler 1 ist mit einem Kraftaufnehmer 3 verbunden, der im Gehäuse 4 der Meßvorrichtung befestigt ist. Das Gehäuse ist zylindrisch und hat einen Durchmesser von ca. 12 mm.

Der Meßring 2 ist mit einem Stempel 5 fest verbunden, der im Gehäuse 4 axial verschiebbar gelagert ist und einen Axialanschlag 6 aufweist. Diesem ist ein Anschlag 7 im Gehäuse 4 zugeordnet. Der Stempel trägt an seinem oberen Ende einen ringförmigen Magnet 8, dem ein gleichartiger ringförmiger Magnet 9 zugeordnet ist, der über ein Zwischenteil 10 fest mit dem Gehäuse 4

verbunden ist. Im vorliegenden Fall sind die Magnete Permanentmagnete. Es könnten aber auch Elektromagnete verwendet werden. Die Magnete 8 und 9 sind so angeordnet, daß sich ihre Südpole gegenüberliegen. Die dadurch zwischen den Magneten wirkende abstoßende Kraft gewährleistet, daß der Stempel 5 mit seinem Anschlag 6 gegen den Anschlag 7 am Gehäuse 4 gedrückt wird und daß die definierte Lage des Meßringes 2 gewährleistet ist. Die Kraft der Magnete muß in jeder Gebrauchslage der Meßvorrichtung größer sein als die Gewichtskraft des Stempels 5 mit seinem Meßring 2. So wird verhindert, daß der Axialanschlag 6 des Stempels 5 bei Bewegung der Meßvorrichtung vom Anschlag 7 des Gehäuses 4 abhebt und ein unbeabsichtigter Meßvorgang ausgelöst wird. In der Ausgangsstellung drückt somit der Stempel 5 mit seinem Axialanschlag 6 gegen den Anschlag 7 des Gehäuses 4 und die Unterkante des Meßringes 2 sowie die Spitze des Kraftfühlers befinden sich auf gleicher Höhe, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist.

Die Meßvorrichtung weist einen induktiven Wegaufnehmer auf, um die Verschiebung des Meßringes 2 gegenüber dem Kraftfühler 1 zu ermitteln. Der induktive Wegaufnehmer weist einen am Stempel 5 befestigten Weicheisenkern 11 auf, dem ein am Gehäuse befestigte Spule 12 eines "Linear Variable Differential Transformers" (LVDT) zugeordnet ist. In der oben genannten Ausgangsstellung befindet sich der Weicheisenkern 11 in der Mitte der Spule 12 des LVDT, so daß das Ausgangssignal des LVDT Null ist.

Für die erforderlichen elektrischen Anschlüsse ist in der Meßvorrichtung eine Kabeldurchführung 13 vorgesehen.

Zur Messung wird die Meßvorrichtung mit dem Meßring 2, der die zu untersuchende Fläche begrenzt, von Hand auf das zu untersuchende Material aufgesetzt. Der Kraftfühler 1 mißt in Verbindung mit dem Kraftaufnehmer 3, dessen Meßbereich sich z. B. bis 500 mN erstreckt, die Kraft, mit dem auf das Material gedrückt wird. Die Fig. 3 zeigt, wie sich das Material unter der Einwirkung der aufgetragenen Kraft unterhalb des Meßringes 2 verformt. Diese Verformung führt zu einer axialen Auslenkung des Meßringes 2 bezüglich des Kraftfühlers 1. Die Auslenkung 1 wird für eine konstante Kraft, z. B. 300 mN, mit dem LVDT gemessen und ist ein Maß für die Elastizität des Materials. Die Verformung des Materials ist einerseits von der angewendeten Kraft und andererseits vom Durchmesser des Kraftfühlers 1 sowie des Meßringes 2 abhängig. Um die Meßvorrichtung an die Eigenschaften unterschiedlich elastischer Materialien anpassen zu können, lassen sich sowohl der Kraftfühler 1 als auch der Meßring 2 auswechseln.

Aus der Fig. 4 ist ersichtlich, daß der Kraftaufnehmer 3 über einen Verstärker 14 und einen A/D-Wandler 15 mit einem Mikroprozessor 16 verbunden ist, dem ein Display 17 zugeordnet ist. Auf dem Display kann z. B. dargestellt werden, mit welcher Kraft die Meßvorrichtung auf das zu untersuchende Material gedrückt wird.

Weiterhin ist auch der LVDT über einen Synchrongleichrichter 18 und einen Verstärker 19, mit dem Mikroprozessor verbunden.

Ein vollautomatischer Meßvorgang, wie er für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Verfahrens im Flußbild der Fig. 5 dargestellt ist, wird vom Mikroprozessor 16 nur dann gestartet, wenn

2. diese Vorlast zu einer vorgegebenen axialen Verschiebung des Meßringes führt.

Bei einem elastischen Material führt eine Erhöhung des Anpreßdruckes automatisch zum Überschreiten der o. g. Bedingungen und damit zum Starten des Meßvorganges. Der Anpreßdruck wird jetzt weiter gesteigert, bis die vorgegebene Maximalkraft erreicht und damit ein Meßzyklus beendet ist. Das Ende einer Messung kann dem Bediener z. B. durch ein akustisches Signal gemeldet werden. Die axiale Verschiebung (Weg) des Meßringes zu Beginn und am Ende der Messung wird mit dem LVDT gemessen und mit Hilfe des Mikroprozessors 16 durch Differenzbildung ausgewertet. Das Ergebnis wird dann auf dem Display 17 dargestellt. Diese Differenz (Wegänderung) ist ein Maß für die Elastizität des Materials, wenn die Vorlast, die Maximallast, die Abmessungen und Form des Meßringes 2, die Abmessungen und Form des Kraftfühlers 1 und die wegabhängige Gegenkraft der Magnete 8, 9 als konstante Größen vorgegeben sind.

Das Ende der Gesamtmessung kann dem Bediener durch ein weiteres akustisches Signal gemeldet werden.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen ersichtlich ist, ermöglicht das erfindungsgemäße Meßverfahren eine Meßvorrichtung, die so klein und handlich ist, daß sie ohne Schwierigkeiten auch an schwer zugänglichen Meßorten, wie z. B. der Zervix, einsetzbar ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Elastizität von Materialien, insbesondere der Elastizität der Zervix, **dadurch gekennzeichnet**, daß die relative Auslenkung infolge der elastischen Materialverformung mindestens zweier auf das zu untersuchende Material aufgesetzter Meßteile zueinander als Maß für die Elastizität dient.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein erstes Meßteil mit konstanter Kraft gegen das Material gedrückt wird und daß die dadurch neben dem ersten Meßteil verursachte Verformung des Materials durch mindestens ein zweites Meßteil gemessen wird, das durch eine der Verformung entgegenwirkende Kraft beaufschlagt ist, durch die das zweite Meßteil zu Beginn der Messung in einer Ausgangsposition gehalten wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die auf das zweite Meßteil wirkende Kraft eine Magnetkraft ist.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die relative Auslenkung des ersten Meßteils/der ersten Meßteile und des zweiten Meßteils/der zweiten Meßteile zueinander induktiv gemessen wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die axiale Verschiebung des zweiten Meßteils/der zweiten Meßteile durch Messung der Ausgangsposition und der maximalen Auslenkung des zweiten Meßteils/der zweiten Meßteile gegenüber dem ersten Meßteil/den ersten Meßteilen und anschließende Differenzbildung ermittelt wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das erste Meßteil/die ersten Meßteile mit einer

1. eine vorgegebene Vorlast auf das Material aufgebracht worden ist und

Vorlast, die ungleich Null ist, auf das zu untersuchende Material aufgesetzt werden.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Messungen an verschiedenen Stellen des gleichen Meßobjektes durchgeführt werden und daß aus den einzelnen Meßwerten ein Mittelwert gebildet wird. 5

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kraftfühler (1) als erstes Meßteil und ein um diesen herum angeordneten Meßring (2) als zweites Meßteil vorgesehen ist, wobei der Kraftfühler (1) mit einem Kraftaufnehmer (3) verbunden ist und der Meßring (2) an einem in axialer Richtung beweglichen Stempel (5) befestigt ist, dem ein Wegaufnehmer zugeordnet ist. 10 15

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß am oberen Ende des Stempels (5) mindestens ein Magnet (8) vorgesehen ist, dem am Gehäuse (4) der Vorrichtung mindestens ein Magnet (9) so zugeordnet ist, daß sich gleichartige Pole der Magnete (8, 9) gegenüberliegen. 20

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Stempel einen axialen Anschlag (6) aufweist, dem ein axialer Anschlag (7) am Gehäuse (4) zugeordnet ist. 25

11. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Wegaufnehmer ein induktiver Wegaufnehmer vorgesehen ist, der einen am Stempel (5) befestigten Weicheisenkern (11) aufweist, dem am Gehäuse (4) der Vorrichtung eine Spule (12) eines Linear Variable Differential Transformers (LVDT) zugeordnet ist. 30 35

12. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Magnete (8, 9) Dauermagnete vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Magnete (8, 9) ein Dauermagnet und ein Gleichstrom erregter Elektromagnet vorgesehen sind. 40

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß dem Elektromagnet ein Regelkreis zugeordnet ist, in dem der LVDT, eine steuerbaren Stromquelle, der Elektromagnet und ein Mikroprozessor vorgesehen sind, wobei der Mikroprozessor in Form einer Tabelle die Stromwerte enthält, die für die Konstanthaltung der Gegenkraft erforderlich sind. 45 50

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

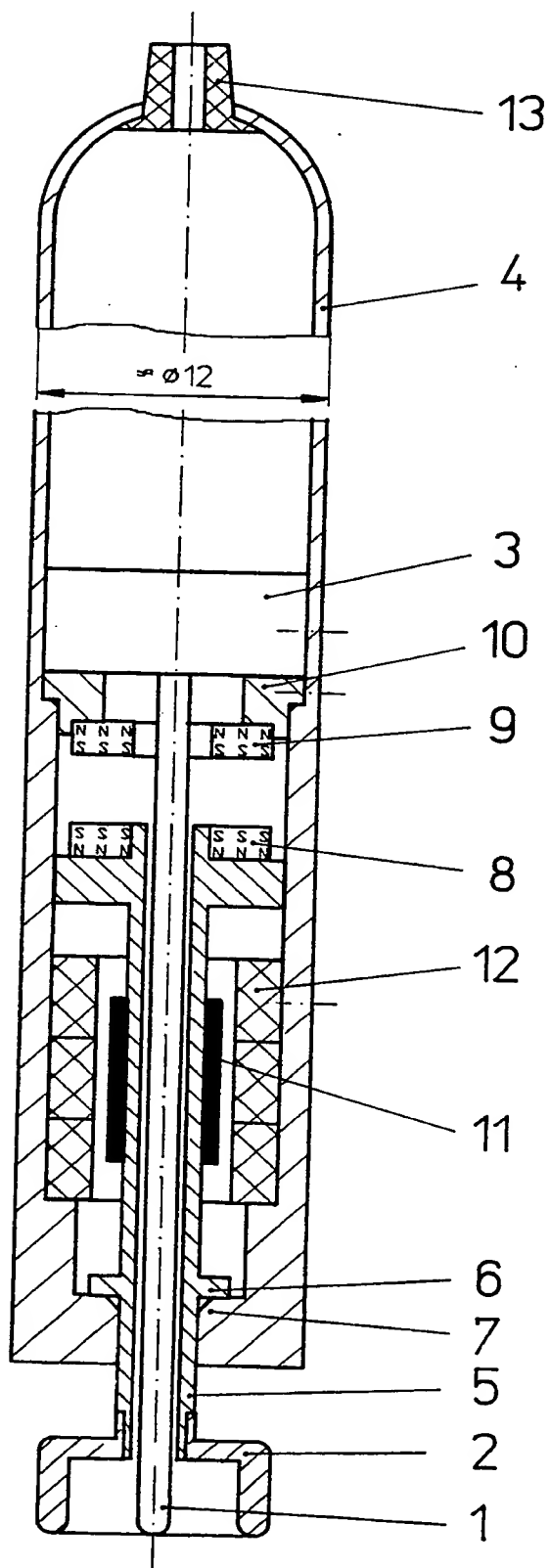


Fig. 1

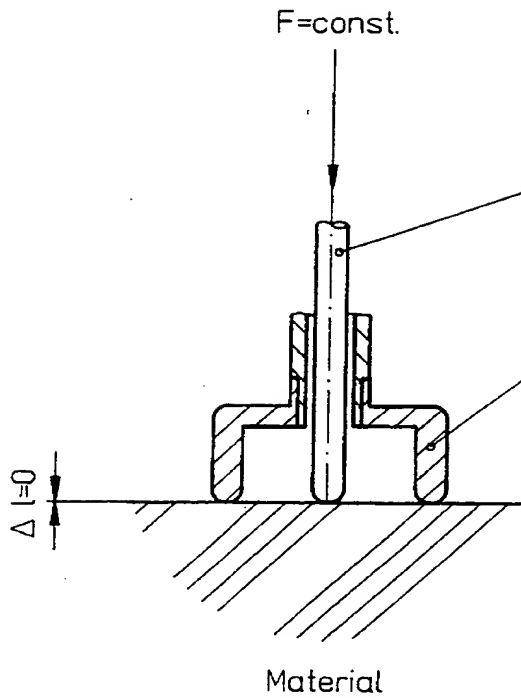


Fig. 2

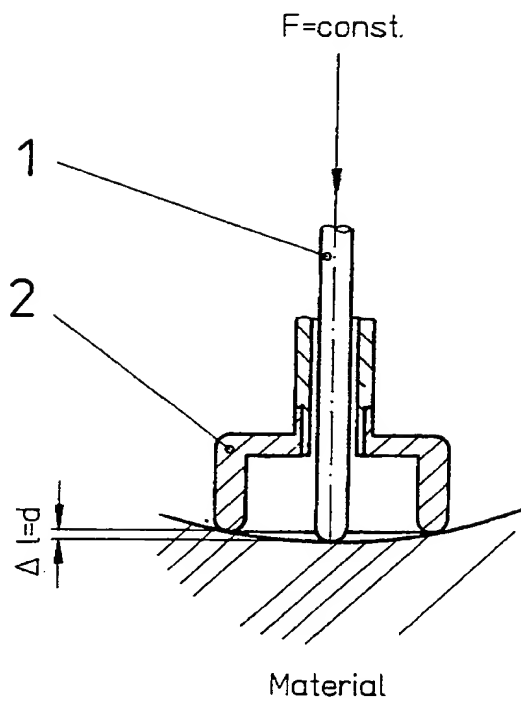


Fig. 3

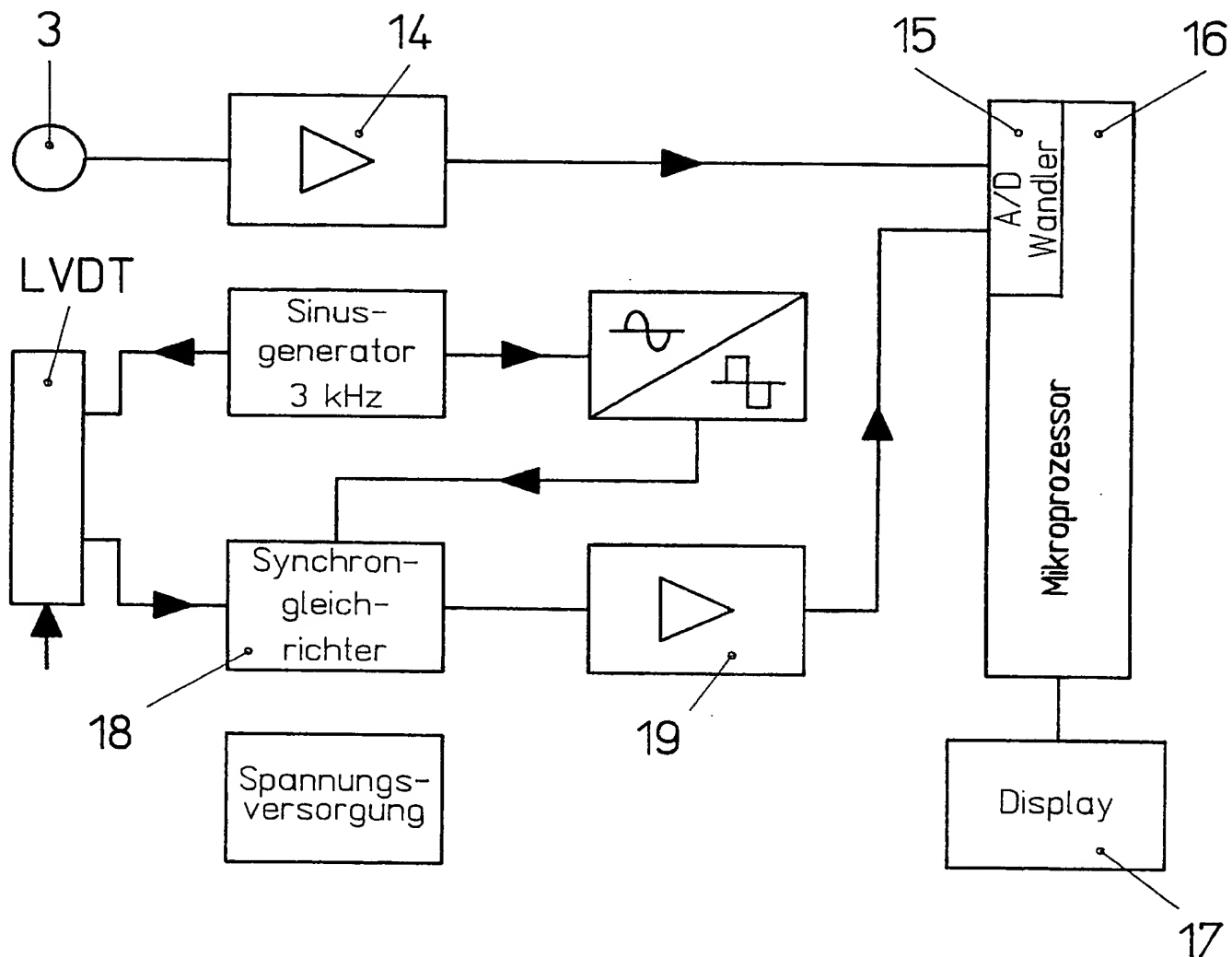


Fig. 4

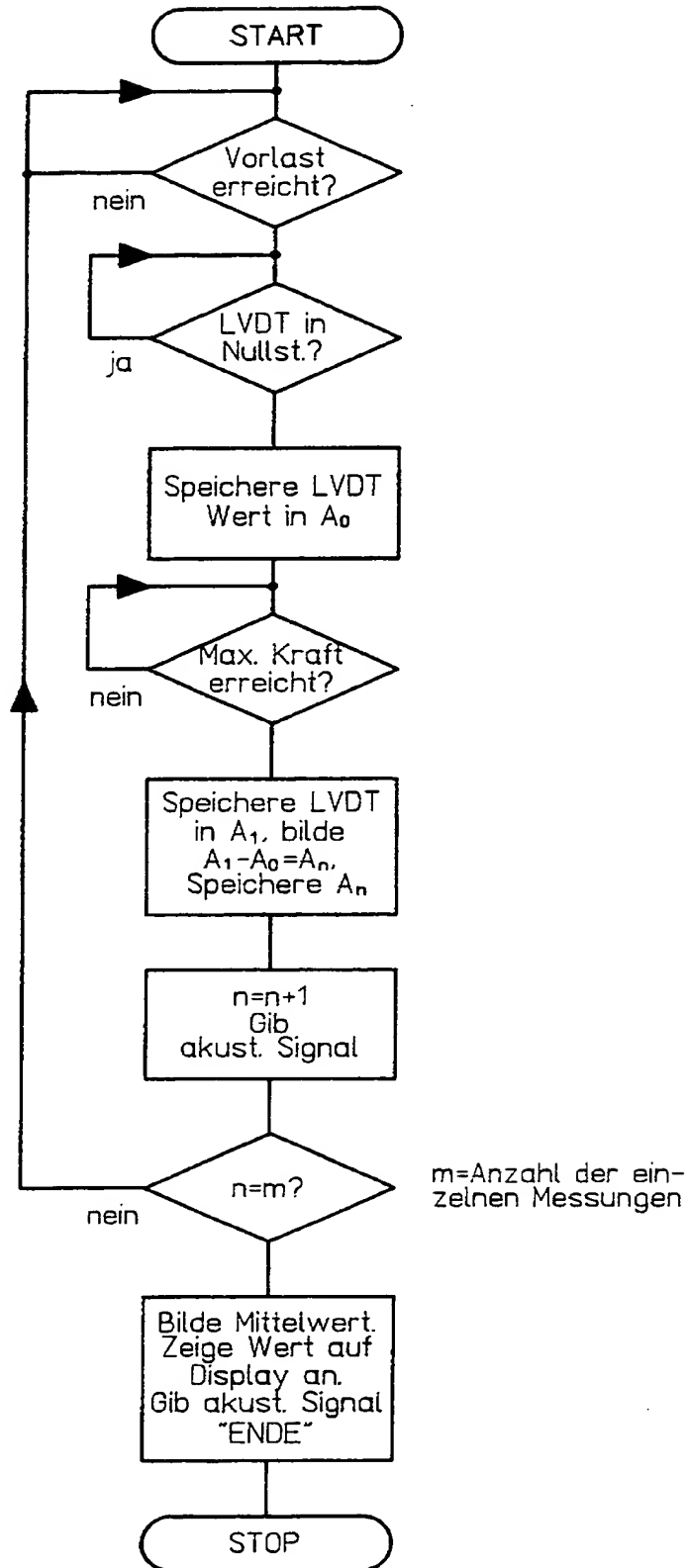


Fig. 5